

Paläozoische Karststrukturen im Riffkalkstein von Iberg und Winterberg bei Bad Grund (Westthar, Niedersachsen)

Hartmut Knappe¹

¹Pfälzergasse 11c, 38855 Wernigerode;
Email: hartmut_knappe@t-online.de

Göttingen
Contributions to
Geosciences
www.gzg.uni-goettingen.de

78: 25-30, 9 Abb.

2016

Veranlassung und Untersuchungsablauf

In ihrem Betriebsteil Münchhof (Stadt Seesen) stellt die Fels-Werke GmbH Brannt- und Rohlkalksteinprodukte her. Als Rohstoff dient oberdevonischer Riffkalkstein, der seit 1937 im Tagebau Winterberg gewonnen wird. Der Abbau erfolgt auf mehreren Sohlen zwischen 520 m und 390 m NHN. Im Jahr 2010 ist der Betrieb auf das Erweiterungsfeld Iberg ausgedehnt worden. Hierbei wurde auch das bisherige Strossenregime im bisherigen Abbaufeld Winterberg teilweise verändert, wodurch neue Anrisse entstanden (Abb. 1).

Die Bestandsaufnahme konzentrierte sich zunächst auf den Neuaufschluss mit der etwa 30 m langen und 10 bis 15 Meter hoch angeschnittenen Hauptfundstelle. Wegen sicherheitstechnischer Belange stand für die Beprobung zunächst nur das Haufwerk auf der 500 m-Sohle zur Verfügung. Außerdem war während der Betriebszeiten der Aufenthalt im Tagebau nicht möglich, wodurch sich gewisse Dokumentationslücken ergeben. Seit Sommer 2015 sind die Aufschlüsse im Tagebau-Erweiterungsfeld Iberg oberhalb der 500 m-Sohle nicht mehr vorhanden.

Ab Frühjahr 2013 wurde die Suche nach lithologisch ähnlichen Aufschlüssen auf den gesamten Tagebaubereich ausgeweitet, einschließlich des stillgelegten Bereichs. Unter den 15 dokumentierten Strukturen befanden sich auch einige aus der Abbauphase vor 1992. Diese boten sich als "Eichobjekte" zur Verifizierung von Aussagen in den bis-

herigen Veröffentlichungen an (Franke 1973; Gischler 1992). Die Geländebefunde sind, soweit darstellbar, durch Fotos dokumentiert und in besonders aussagekräftigen Fällen durch Zeichnungen ergänzt worden. Die stratigraphische Einstufung erfolgte mittels Conodonten (Weyer 2013/2014).

Geologischer Rahmen

Der Massenkalk des Iberg/Winterberg-Komplexes ging aus einem Korallenriff hervor. Das Atoll existierte bei kontinuierlicher Absenkung des Meeresbodens über einen Zeitraum von etwa 10 Mio. Jahren (Givetium bis Frasnium). Die Mächtigkeit wird im Zentralteil auf mindestens 600 m geschätzt – bei einer Flächengröße von ca. 5 km² (Franke 1973). Damals befand sich die Region etwa südlich vom Äquator. Der Riffkörper besteht zum großen Teil aus dem Brandungsschutt von Stromatoporen sowie rundkuppigen und verästelten Korallenstöcken. Als bedeutender Sedimentlieferant traten Kalkalgen auf. Nur untergeordnete Bedeutung hatten Cephalopoden, Brachiopoden, Schnecken und Muscheln. Die Zwischenräume im Riffschutt füllten sich mit Kalkschlamm, Kalksand oder mit Calcit-Zement (Abb. 2). Das Absterben der Riff-

korallen und damit das Auslösen des gesamten Riff-Ökosystems wurde durch eine weltumspannende Umweltkrise am Ende des Frasniums ausgelöst (Kellwasser-Ereignis). Es betraf fast alle damaligen marinen Biotope im Bereich der Oberflächenwasserzone (Gereke 2007). Das leblos gewordene Riff verlor durch diese Krise seine substanzerhaltende Kalkzufuhr. Der bis dahin akkumulierte Altbestand blieb jedoch als Unterwasserberg erhalten und bot Ansatzfläche für eine spärliche Faunengemeinschaft. Sie setzte sich überwiegend aus Brachiopoden, Crinoiden und kleinwüchsigen Solitärkorallen mit nur geringem Potential für Sedimentbildung zusammen.



Abb. 1: Tagebau Winterberg, Blick vom Erweiterungsfeld Iberg; 2013.

Der verbliebene Porenraum wurde fast vollständig durch sparitische Calcit-Zemente verschlossen. Örtlich fand eine Dolomitisierung statt, deren Ursache noch unbekannt ist (Gischler 1992). Im höchsten Unterkarbon migrierten flüssige Kohlenwasserstoffe in die Riffstruktur und verschlossen auch Restporen der Brachiopodenkalke (Peckmann et al. 2001). Als Muttergestein der Kohlenwasserstoffe kommt nach diesen Autoren mitteldevonischer Wissenbacher Schiefer in Betracht. Die thermische Umwandlung der Kohlenwasserstoffe während der variszischen Versenkung der Schichtenfolge führte bei Temperaturen bis ca. 200 °C zu stabilem, anthrazitfarbenem Impsonit (Lütke & Koch 1983).

Durch die variszische Gebirgsbildung wurde der massive Kalksteinkörper mit einem engmaschigen Kluftnetz durchsetzt. Daneben kam es entlang größerer Störungsflächen bestenfalls im Meterbereich zu einer geringfügigen Dislozierung einiger Segmente der Riffstruktur mit leichter Nordwest-Vergenz. Ein Teil des Störungsnetzes wurde in der jüngeren geologischen Entwicklung reaktiviert und fungierte seit dem Alttertiär als Leitbahn für Karstwässer.



Abb. 2: Riffschutt aus dem Südostfeld des Tagebaus Winterberg mit Porenzement und Impsonitanreicherung.

Spaltenbildung und Verkarstungsphasen

Im unteren Tournaisium unterlag die Riffstruktur einer Dehnungsaktivität. Als erste nachweisbare Spuren gelten zwei ca. 1 m breite, SE–NW streichende vertikale Dehnungsrisse im Massenkalk. Ihre Füllung besteht aus unterkarbonischem Crinoidenkalk, in die Bestandteile der angrenzenden Massenkalk oder der Kalksteine der ehemaligen Riffauflage eingemischt sind (mündl. Mitt. D. Weyer). Generell war das Aufreißen solcher Frakturen von hohem Unterdruck begleitet, der weiches Sedimentmaterial aus der Umgebung einsaugte. Daneben konnte das noch im plastischen Zustand befindliche Decksediment der Riffstruktur an leicht geneigten Abschnitten als labiler Schichtverband in die vorwiegend vertikal angelegten Öffnungen hineingleiten.

Einen vollkommen anders gearteten Ursprung haben solche Sedimente, die sich in einem über längere Zeit offenen Unterwasser-Labyrinth bildeten. Hierbei handelt es sich um geflutete, ehemalige Karststrukturen. Deren Phänologie verweist eindeutig auf subaerische Herkunft, denn im Meerwasser findet keine Verkarstung statt. Durch ihre Vielgestaltigkeit und die bereits auf kurzer Entfernung wechselnden Ausmaße im Zentimeter- bis Meterbereich unterscheiden sie sich deutlich von den glattwandigen Spalten rein tektonischen Ursprungs. Als primäre Füllung der in allen möglichen Raumpositionen angetroffenen Weitungen erscheinen zunächst grauschwarze, sehr feinkörnige Schlammkalke (Mikrite, Abb. 3).



Abb. 3: Subaerisch korrodierter oberdevonischer Massenkalk vom Rand eines ehemaligen Hohlraums, der sich submarin mit unterkarbonischem Trilobitenkalk zusetzte; Iberg.

Das in vertikaler Richtung zunehmende Faunenspektrum besteht aus wenig oder nicht transportierten Skelettfragmenten von Solitärkorallen sowie hartschaligen Weich- und Gliedertieren. Deren Erhaltungszustand spricht für weitgehend autochthone Einbettung (Abb. 4a). Bemerkenswert ist daneben das Vorkommen von Zähnen mehrerer Hai-Arten und deren Flossenstachel (Abb. 4b) sowie von großwüchsigen orthoconen Cephalopoden. Auffällig sind schließlich die massenhaften Anreicherungen von Goniatiten im selben Sediment (Abb. 5). Ob sich hinter dieser speziellen Tanathocoenose ein kausaler Zusammenhang verbirgt, ist anzunehmen, wird aber derzeit noch überprüft. Neben lichtgebundenen Abschnitten gab es im Hohlraumgefüge auch Dunkelraumbiotope. Ansonsten lassen sich nach lithologischen Merkmalen vier Kalksteintypen unterscheiden: Trilobiten-, Crinoiden-, Goniatiten- und Brachiopoden-Kalk. Diese entsprechen – abgesehen von lokalen Sonderentwicklungen – den Vorkommen von Erdbach- bzw. Goniatiten-Kalk im Rheinischen Schiefergebirge (Amler et al. 2008; Korn 2010).

Mit dem Massenvorkommen von Trilobitenfragmenten (*Proliobole*) setzt die Nutzung von lichtlosen Spaltenarealen als Häutungsrefugium ein (Erdbach-Kalk, *anchoralis*-Conodontenzone). In den stratigrafisch höheren Abschnitten kommen diverse Ammoniten (*Merocanites*, *Irinocereras*, *Ammonellipsites*), Solitärkorallen (*Cyathaxonia*, *Cladochonus*, *Ufimia*, *Actinotbeca*) vor. Meterhoch wurden Crinoiden-Stielglieder eingespült. Die etwas jüngere artenarme Gemeinschaft aus dünnshaligen Spiriferiden (*Martinia*) und

langzylindrischen tabulaten Korallen (*Amplexus*) scheint für ein weiteres Dunkelraumbiotop zu sprechen.

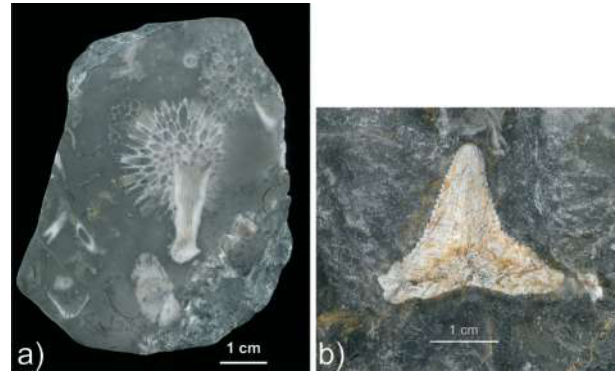


Abb. 4: (a) "Wohngemeinschaft" zweier Korallen (*Sutherlandia* auf *Ufimia*); Trilobitenkalk; (b) Zahn eines Hais (*Carcharopsis*), Goniatitenkalk, Iberg.

Nach einem stratigrafischen Hiatus treten Unmengen von Goniatiten auf, deren zeitliche Reichweite einen Abschnitt von ca. 8 Mio. Jahren repräsentiert (*Goniatites crenistria*- bis *Neoglyphioceras spirale*-Zone). Das an Individuen reiche Erscheinen der bislang nur vom Iberg-Winterbergkomplex bekannt gewordenen *Ibergirhynchia* (Gischler et al. 2003) stellt das letzte Massenvorkommen in den Unterwasser-Höhlen dar (*bilineatus*-Conodontenzone). Es weist ebenfalls Merkmale eines Dunkelraumbiotops auf (Abb. 5b).

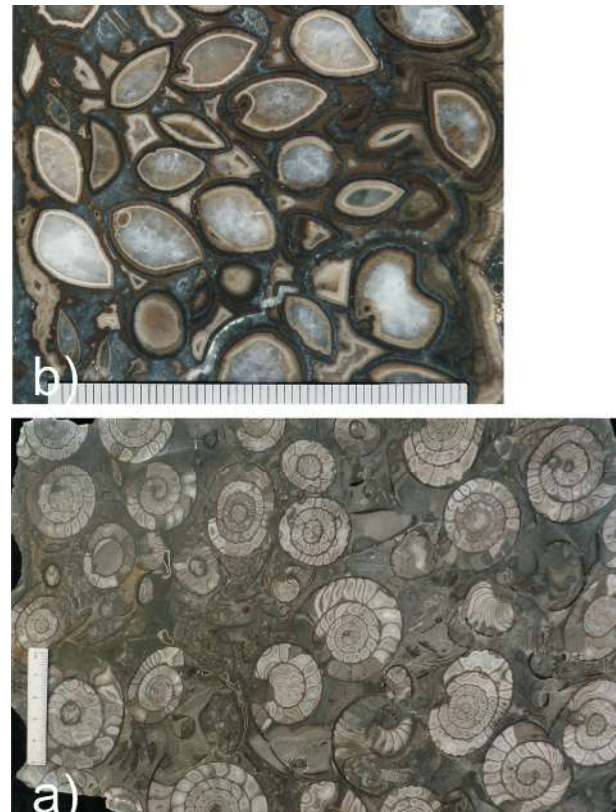


Abb. 5: (a) Akkumulation von Ammoniten; Anschliff von Goniatitenkalk und (b) Akkumulation von Rhynchonellen; Anschliff von Brachiopodenkalk, Iberg (Maßstab in cm).



Abb. 6: Kollabierter Karsthohlraum, Sedimentfüllung überwiegend durch Grauwacke; Iberg, 2015.

Allerdings machen sich hier erste Einflüsse der Grauwacke-Einschwemmung bemerkbar, die schließlich die gesamte Riffstruktur überdeckt. Dabei brechen die letzten noch offenen Unterwasser-Höhlen ein oder werden über laterale oder vertikale Kanäle aufgefüllt (Abb. 6).

Bis auf den Trilobitenkalk sind in den Spaltensedimenten neben tierischen Fragmenten auch leicht verkieselte Pflanzenreste in disperser Verteilung gefunden worden, in Einzelfällen sogar Holzfragmente. Die Frage, ob diese aus der unmittelbaren Umgebung eingeschwemmt wurden oder als ortsfremdes Treibgut anlandeten, kann noch nicht eindeutig beantwortet werden (Meyer-Berthaud 2014; Abb. 7). Immerhin untermauern die mit ihnen eingespülten napfartig korrodierten Gesteinstrümmer erstere Annahme. Der scharfkantig konturierte Brandungsschutt (Spritzwasserkarst) gelangte von steilen Klippen in der Wellenschlagzone ohne Abrollung sofort in tieferes Wasser (Abb. 8). Daneben gelten andere bis zu faustgroße Kalksteingerölle als Hinweis auf örtlich flach geneigte Uferabschnitte. Ansonsten sind sowohl eng geschichtete als auch durchmischt abgelagerte Sedimente am wechselvollen Profilaufbau der Hohlraumfüllungen beteiligt. Sie belegen Wasserbewegungen von kurzzeitig wechselnder Intensität bis hin zu turbulenten Ereignissen.



Abb. 7: Querschnitt des Stiels eines Farnblatts (*Zygopteris*); Brachiopodenkalk, Iberg. Bildbreite 3,5 cm.

Manche Spaltenfüllungen bestehen aus einer brekzienähnlichen Versturzmasse. Die voluminösen Trümmer aus Riffkalkstein oder älteren, bereits verfestigten Spaltensedimenten können Größen bis zu mehreren Kubikmetern erreichen. Sie bilden ein setzungsstabiles Haufwerk und werden von einer Matrix aus wulstig verformtem, d. h. beim Kollaps noch plastisch reagierendem Mikrit umgeben. Selten setzen sich noch schmale Risse bis in den unbeeinflussten Massenkalk fort. Das gesamte Erscheinungsbild deutet auf einen tektonisch induzierten Kollaps submariner Hohlräume hin (Knappe 2014; Knappe et al. 2016, Stopp 5, dieser Band).

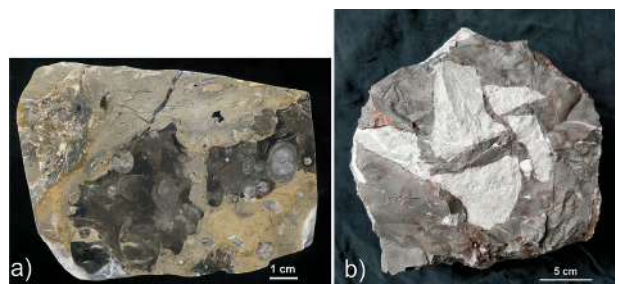


Abb. 8: (a) Brandungskarstgerölle aus älterem Goniatitenkalk vom Typ Spritzwasserkarst, eingelagert in jüngeren Goniatitenkalk; (b) Brekzie aus oberdevonischem Massenkalk, hineingebrochen in unterkarbonischen Schlammkalk; Iberg.

Trotz Konsolidation verfügen die Mikrite der Hohlraumfüllungen im Gegensatz zum Massenkalk über eine herabgesetzte Bruch- und Scherfestigkeit. Die Ursache dafür ist ihr höherer Tongehalt, der etwa 5 % beträgt und die Umkristallisation zu größeren Kornaggregaten verhinderte. Dieser Umstand führte zu strukturellen Sonderentwicklungen bei der weiteren Entwicklung der Hohlraumfüllungen, insbesondere wegen der Brüchigkeit bei tektonischer Beanspruchung. Die selektiv ausgerichtete Korrosion bevorzugte während der jüngeren Erdgeschichte

(Alttertiär bis Pleistozän) die lösungsschemisch leichter zugänglichen mikritischen Bereiche (Beispiel: Iberger Tropfsteinhöhle).



Abb. 9: Pulsierende Verkarstung: Durch subaerische Auswaschung von Massenkalk (Mk) entstand ein spaltenförmiger Hohlraum, der geflutet und mit Goniatitenkalk (Go) gefüllt wurde. Nach abermaliger Trockenlegung und Ausräumung während der nächsten Korrosionsphase geriet die Struktur wieder unter Wasser und wurde mit Grauwacke (Gw) zugeschüttet; Winterberg; Ry = Reste von Rhynchonellen-/Brachiopodenkalk.

Die Spaltensedimente des Iberg/Winterberg-Komplexes entstammen mindestens vier Verkarstungsintervallen innerhalb von 25 Mio. Jahren, die sich durch den unterschiedlichen Fossilinhalt zu erkennen geben (Abb. 9). Eingeleitet wurden sie in der Vorphase zum Erdbach-Kalk mit einer extremen Absenkung des Meeresspiegels. Allein nach der heutigen Differenz zwischen den Top- und Basislagen der Spaltenfüllungen zu urteilen, lag sie bei mindestens 130 Metern. Nicht eingerechnet sind die durch Erosion eingetretenen Verluste der obersten Geländeabschnitte. So könnte die größte Oszillation durchaus 180 Meter erreicht haben. Zu den wirksamsten Phasen mit hohem Erosionspotenzial bei Meeresspiegeltiefständen gehören demnach das obere Tournaisium (vor-*Ammonellipsites*-Intervall), das mittlere Viséum (vor-*crenistrina*-Intervall) und zwei Schwankungen im oberen Viséum (vor- und nach-*Neoghyphioceras*-Intervall).

Die Frage, ob die Ursachen der mehrfachen Inselbildung der Riffstruktur in regionalen Vorgängen (submariner Vulkanismus, tektonische Pulsation) oder eher in weltweiten eustatischen Meeresspiegelschwankungen zu suchen sind, kann derzeit nur ansatzweise beantwortet werden. Immerhin findet der tiefreichende Oberflächenkarst im Iberg-Winterbergkomplex seine Entsprechung in Schichtlücken benachbarter Sedimentationsräume. Erste Indizien für überregionale Ursachen ozeanischer Pegelschwankungen stammen von Tiefwassersedimenten der nahen und weiteren Umgebung der Riffstruktur. Hierzu zählen Flinzkalke und einige Kieselschiefer. Deren partielle Abtragung erfolgte nicht allein durch submarine Strömungen, sondern fand vermutlich sogar unter subaerischen Bedingungen statt. Während dieser Absenkungszeiträume haben selbst submarine Schwellen

deutliche Erosionsverluste erlitten, was sich in Schichtlücken abzeichnet (Zellmer 1996). Die ersten dieser Ereignisse fallen mit vulkanischen Aktivitäten im Westthar zusammen (Oberharzer Diabaszug und Tufflagen in Kiesel-schiefern/Adinolen). Auch am Nordrand des Elbingeröder Komplexes wurden in der zeitgleichen unterkarbonischen Büchenberg-Serie Schichtausfälle beobachtet (mündl. Mitt. D. Weyer).

Der Iberg/Winterberg-Komplex ist allseitig von Grauwacke umgeben, die sich gegen Ende des Unterkarbons immer höher um die Riffstruktur bis zu dessen vollständiger Überdeckung akkumulierte (Rippert 1975). Mit diesem sandig-tonigen Sediment wurde auch die letzte bis dahin noch verbliebene Korrosionsstruktur im Massenkalk verschlossen. Bedingt durch ihre Position im Druckschatten des Kalksteins sind Grauwacke und Grauwacketonstein bei der orogenetischen Überprägung längst nicht so verfestigt worden wie ihre Äquivalente im Außenbereich der Riffstruktur. Als Schwachstellen im Felsverband begünstigten sie die spätere Tektonik, Druckwasserbewegung und Erosion.

Schlussfolgerungen

Neben dem eigentlichen Riffkalkstein waren auch die Spaltenfüllungen mehrfach Gegenstand der Betrachtung (u. a. Franke 1973; Gischler 1992). Inzwischen vermitteln das reiche Inventar der Karstfüllungen aus Neuaufschlüssen und die erneute Bestandsaufnahme noch vorhandener Altaufschlüsse eine andere Sicht auf die seinerzeit entwickelten Vorstellungen. Das betrifft in erster Linie die Aussagen zur Spaltengenese und zur faunistisch-floristischen Entwicklung der Riffstruktur seit dem Oberdevon. Die meisten der Unterwasser-Höhlen sind vermutlich durch tektonisch induzierte Einflüsse einfach in sich kollabiert. Auch die These vom Abgleiten des Winterbergs als gebirgsmechanisch gekappte Spitze des Ibergs sollte nicht weiter verfolgt werden. Es sind nicht nur gebirgsmechanische Fakten, die dagegen sprechen (Heydecke 2011). Die von Gischler (1992) angenommene großräumige Über- bzw. Abschiebungszone ist im heutigen Aufschlussbild nicht nachweisbar. Ebenso unterstreicht das gegenwärtig in beiden Abbaufeldern auf gleicher Höhe befindliche Sedimentationsniveau aller Goniatitenkalk-Vorkommen, dass zwischen beiden Arealen weder stratigrafisch relevante Höhendifferenzen bestanden haben, noch ein keilförmiges Abgleiten im Sinne einer Profildoppelung stattgefunden hat.

Ob neben den dokumentierten Phänomenen des oberflächennahen Spritzwasser- und Subrosionskarstes noch weitere lösungsschemische Ursachen für die Hohlraumbildung im Riffsockel infrage kommen, bleibt künftigen Untersuchungen vorbehalten. Denkbar sind z. B. saure, aus dem Untergrund aufdringende Wässer, die im Zusammenhang mit oxidativen Prozessen im einstigen Erdöl-speicher stehen. Andererseits wäre die Möglichkeit der

Subsolation am Meeresboden bzw. auch in der freien Wassersäule in Tiefen ab 100 Metern in Erwägung zu ziehen (pers. Mitt. T. Steiger, Blankenburg/Harz 2016).

Literatur

- Amler, R. W.; Heidelberger, D. & Müller, P. (2008): Die unterkarbonischen Erdbach-Kalke von Breidscheid-Erdbach: Führungsblatt zu zwei karbonzeitlichen Fossilfundstellen im Lahn-Dill-Kreis. *Paläontologische Naturdenkmäler in Hessen* **13**: 1-20.
- Franke, W. (1973): Fazies, Bau und Entwicklungsgeschichte des Iberger Riffes (Mitteldevon bis Unterkarbon III, NW-Harz, W-Deutschland). *Geologisches Jahrbuch, (A: Allgemeine und regionale Geologie Bundesrepublik Deutschland und Nachbargebiete, Tektonik, Stratigraphie, Paläontologie)* **11**: 3-127.
- Gereke, M. (2007): Die oberdevonische Kellwasser-Krise in der Beckenfazies von Rhenohercynikum und Saxothuringikum (spätes Frasnium/frühes Famennium). *Kölner Forum für Geologie und Paläontologie* **17**: 1-228.
- Gischler, E. (1992): Das devonische Atoll von Iberg und Winterberg im Harz nach Ende des Riffwachstums. *Geologisches Jahrbuch (A: Allgemeine und regionale Geologie Bundesrepublik Deutschland und Nachbargebiete, Tektonik, Stratigraphie, Paläontologie)* **129**: 5-193.
- Gischler, E.; Sandy, M. R. & Peckmann, J. (2003): *Ibergirhynchia contraria* (F. A. Roemer, 1850), an early Carboniferous seep-related rhynchonellide brachiopod from the Harz Mountains, Germany – a possible successor to *Dzieduszyckiia*? *Journal of Paleontology* **77** (2): 293-303.
- Heydecke, S. (2011): Geologische Kartierung im Tagebau Winterberg bei Bad Grund unter Berücksichtigung der strukturgeologischen und faziesbedingten Einflüsse auf die Qualitätsverteilung der abbaurelevanten Kalksteine. *Unveröffentlichte Diplomarbeit, Institut für Geologie und Paläontologie, TU Clausthal*.
- Knappe, H. (2014): Zur Entwicklung der Karststrukturen im Riffkalkstein von Iberg und Winterberg bei Bad Grund (Westharz). *Mitteilungen des Verbandes der Deutschen Höhlen- und Karstforscher* **60** (3/4): 80-90.
- Korn, D. (2010): Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Kulm succession in the Rhenish Mountains. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* **161** (4): 431-453.
- Lütke, F. & Koch, B. (1983): Das Inkohlungsbild des Paläozoikums im Westharz und seine Interpretation. *Geologisches Jahrbuch, (A: Allgemeine und regionale Geologie Bundesrepublik Deutschland und Nachbargebiete, Tektonik, Stratigraphie, Paläontologie)* **69**: 3-42.
- Meyer-Berthaud, B. (2014): Vorläufige Mitteilung zur Anatomie teilverkieselter Pflanzenfragmente aus submarinen Schlottenfüllungen im Iberg/Winterberg-Komplex. *Unveröffentlichter Bericht, Montpellier*.
- Peckmann, J.; Gischler, E.; Oschmann, W. & Reitner, J. (2001): An Early Carboniferous seep community and hydrocarbon-derived carbonates from the Harz Mountains, Germany. *Geology* **29** (3): 271-274.
- Rippert, K.-H. (1975): Stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen im Unterkarbon nördlich des Oberharzer Diabaszuges (NW-Harz). *Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie* **18**: 58 S.
- Weyer, D. (2013/2014): Probenprotokolle zur Conodontenanalyse. Bearbeitungsstand 10.8.2014. *Unveröffentlichter Bericht, Berlin*.
- Zellmer, H. (1996): Stratigraphie und Petrographie der Kieselschiefer-Fazies im Harz (Mitteldevon bis Unterkarbon). *Braunschweiger Geowissenschaftliche Arbeiten* **19**: 72 S.

Cite this article: Knappe, H. (2016): Paläozoische Karststrukturen im Riffkalkstein von Iberg und Winterberg bei Bad Grund (Westharz, Niedersachsen). In: Friedel, C.-H. & Leiss, B. (Hg.): Harzgeologie 2016. 5. Workshop Harzgeologie – Kurzfassungen und Exkursionsführer. *Göttingen Contributions to Geosciences* **78**: 25–30.

http://dx.doi.org/10.3249/978-3-86395-292-1_5

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.